ZUR FRAGE DER KONTAMINATION WASSERFÜHRENDER AGGREGATE IN ZAHNÄRZTLICHEN BEHANDLUNGSEINHEITEN

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung der Doktorwürde
der
Hohen Medizinischen Fakultät
der
Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität
zu Bonn

vorgelegt von
Stefan Birke
aus Stuttgart

Bonn 1980

ZUR FRAGE DER KONTAMINATION WASSERFÜHRENDER AGGREGATE IN ZAHNÄRZTLICHEN BEHANDLUNGSEINHEITEN

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung der Doktorwürde
der
Hohen Medizinischen Fakultät
der
Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität
zu
B O N N

vorgelegt von
STEFAN BIRKE
aus
Stuttgart

Bonn 1980

A b s t r a c t

BIRKE, STEFAN :

ZUR FRAGE DER KONTAMINATION WASSERFÜHRENDER AGGREGATE IN ZAHNÄRZTLICHEN BEHANDLUNGSEINHEITEN

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde untersucht, in welchem Grad wasserführende zahnärztliche Aggregate der Zahn-, Mund- und Kieferklinik Bonn quantitativ und qualitativ kontaminiert sind.
Die quantitative Untersuchung ergab, daß die Keimzahlen während des Tages bei Sprayvit, Umspülwasser und Kühlspray ansteigen. Dies wird verursacht durch die konstruktionstechnischen Besonderheiten beim Kühlspraysystem des Mikromotors sowie des Umspülwassergebers, dessen ungünstige Konstruktion bei den untersuchten Einheiten festgestellt werden konnte.
Bei der qualitativen Untersuchung wurde festgestellt, daß die Kontamination der Einheiten von zwei Seiten aus geschieht: erstens über die Behandlungsgeräte wie Spraypistole, Kühlwassersystem und Umspülwassersystem und zweitens über die Hauswasserleitung.
Herausragende Retentionsstellen für Mikroorganismen sind die in den Einheiten eingebauten Wasserfilter, die fast alle kontaminiert waren.
An fakultativ pathogenen Mikroorganismen wurden unter anderem massenhaft Pseudomonas aeruginosa gefunden, auf dessen Problematik hingewiesen wurde.
Abschließend wurde festgestellt, daß die gesetzlichen Kriterien zur Qualitätskontrolle von Trinkwasser bei Pseudomonas aeruginosa kontaminierten Wasser neu überprüft werden müssen.

UNIV. LEIDEN BIBL.

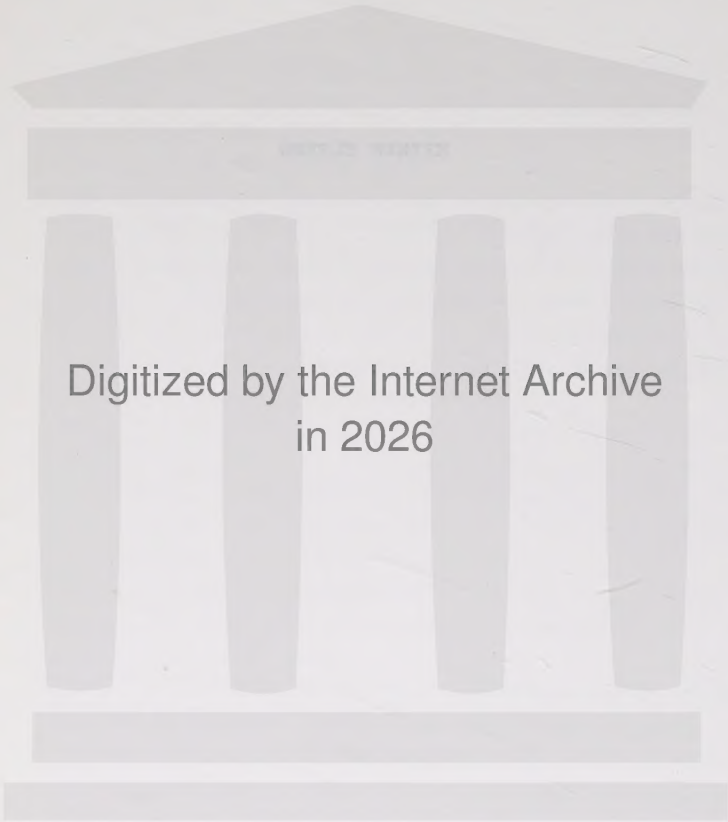
Angefertigt mit Genehmigung der
Medizinischen Fakultät der Universität Bonn

1. Gutachter: Prof. Dr. Ernst Sauerwein
2. Gutachter: Prof. Dr. E. Thofern

Aus der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie
der Universitätsklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten
Direktor: Prof. Dr. Ernst Sauerwein

Druck: Fotodruckerei J. Mainz - Neupforte 13 - 5100 Aachen

MEINEN ELTERN



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546508_0021

INHALTSVERZEICHNIS

1. Einleitung und Problemstellung
2. Bisherige Untersuchungen
2.1. Keimbeladung der Wassersprays
2.1.1. Sprayaerosoluntersuchung
2.1.2. Wasseruntersuchung in den wasserführenden Aggregaten
2.1.3. Wasserqualität vor Erreichen der Behandlungseinheit
2.2. Rechtliche Anforderungen
2.2.1. Prinzipielle ärztl. Behandlungsgrundsätze
2.2.2. Gesetzliche Trinkwasserbestimmungen
3. Eigene Untersuchungen
3.1. Methode
3.1.1. Untersuchtes Material
3.1.1.1. Wasserproben aus der Einheit
3.1.1.2. Wasser- und Filterproben in der Einheit
3.1.2. Untersuchungsablauf
3.1.2.1. Quantitativer Teil
3.1.2.1.1. Ausspachtelungsmethode
3.1.2.1.2. Angußmethode
3.1.2.2. Qualitativer Teil
3.1.2.2.1. Membranfilterung
3.1.2.2.2. Peptonanguß
3.1.2.2.3. Übertragung auf Selektivnährböden mittels Stempelmethode
3.1.2.2.4. Weiterdifferenzierung
3.1.2.2.5. Rezepturen
3.2. Ergebnisse
3.2.1. Vorversuch
3.2.2. Hauptversuch
3.2.3. Quantitativer Kontrollversuch
3.2.4. Zusammenfassung der Ergebnisse
4. Diskussion
5. Zusammenfassung
6. Literaturverzeichnis

1. Einleitung

Die besonderen Verhältnisse bei der zahnärztlichen Behandlung bargen immer schon hygienische Probleme in sich. Von je her hat man versucht, praktikable Lösungen zu finden, um bessere hygienische Verhältnisse schaffen zu können.
Der zahnärztliche Arbeitsplatz bildet heute eine hochtechnisierte Einheit. Konstruktion und Funktion geben ihm seine ganz charakteristischen Eigenschaften. Aus hygienischer Sicht kommt den wasserführenden Aggregaten mit ihren unterschiedlichen Funktionen eine besondere Bedeutung zu.

Das Wasser-beziehungsweise das Luft-Wasser-Gemisch aus der Spraypistole sowie der Kühlspray der Mikromotoren spielen bei der Kontamination des zahnärztlichen Arbeitsplatzes eine nicht zu unterschätzende Rolle. Bei ihrer Anwendung entsteht je nach der mikrobiellen Ausgangslage und Anreicherung im Leitungssystem ein unterschiedlich stark keimhaltiger Sprühkegel, der aus dem Munde des Patienten zurückschlägt und so eine Vehikelfunktion für die Verkeimung des zahnärztlichen Arbeitsplatzes bekommt.

Neben der sicheren Kontamination der Oberflächen der zahnärztlichen Behandlungseinheit gibt es Hinweise für eine Verkeimung des Betriebswassers in diesen Einheiten. Der muffige Geschmack und das bisweilen brakig riechende Wasser sind die auffälligsten Hinweise auf eine vorliegende Verkeimung. Es lag der Verdacht nahe, daß es sich um nicht einwandfreies Wasser handelt.
Da das Wasser in der Krankenhaus- und Praxishygiene von erheblicher Bedeutung ist, muß seiner hygienischen Beschaffenheit größte Aufmerksamkeit geschenkt werden, um mögliche Infektionsquellen und -Gefahren zu erkennen und auszuschalten.

Ziel dieser Untersuchung ist es, den Grad der Kontamination in den wasserführenden Aggregaten der Behandlungseinheiten festzustellen, die in der Bonner Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten in Betrieb sind.

Für die Untersuchung sind zwei Hauptgesichtspunkte von Bedeutung:

Erstens soll die Frage untersucht werden, ob im Laufe des Tages eine Abnahme oder Zunahme der quantitativen Keimbelastung festzustellen ist, und wie hoch im Einzelnen die Kolonienzahlen sind.

Weiterer Gegenstand der Untersuchung ist die qualitative Keimbelastung. Es soll festgestellt werden, welche Mikroorganismen vorkommen und wie weit die wasserführenden Aggregate innerhalb der Behandlungseinheiten kontaminiert sind.

2. Bisherige Untersuchungen

2.1. Keimbeladung der Wassersprays

Der rasche Fortschritt in der zahnärztlichen Medizintechnik brachte neben Erleichterung und Verbesserung in der Behandlungstechnik auch schwer zu lösende Hygieneprobleme mit sich. Neue Behandlungskonzepte bargen bis dahin noch nicht erkannte Infektionsgefahren in sich. Von herausragender Bedeutung in den letzten zwanzig Jahren war die Einführung von hoch- und höchsttourigen Bohr- und Schleifgeräten mit all ihren behandlungstechnischen Vorzügen. Allerdings vergrößerten sie die Infektionsrisiken für Patient und Zahnarzt erheblich.

2.1.1. Spray-Aerosoluntersuchung

Schon 1953 untersuchten ALBRECHT, RIETHE und WASIELEWSKI die Infektionsmöglichkeiten bei der Anwendung des Luftbläsers und des Wassersprays. Dabei stellten sie fest, daß der Wasserspray Bakterien von der Schleimhaut sowie aus den Nischen und Taschen des Zahnfleisches abspült und mitreißt. So entsteht vor den Patientenmund ein bakterienreicher Tröpfchennebel, der eine nicht unerhebliche Infektionsgefahr für den behandelnden Zahnarzt darstellt.

Diese Untersuchungsergebnisse begründeten so auch den Schwerpunkt der nachfolgenden Forschungsarbeiten auf diesem Gebiet. Im Vordergrund stand dabei die Infektionsgefährdung von Patient und Zahnarzt durch bakterienreiche Keimaerosole, die speziell bei Anwendung des Kühlsprays entstehen.

1963 stellten GALSTER und RIETHE fest, daß der „Turbinennebel vor dem Patientenmund ein ölig-speichelhaltiges Aerosol darstellt, das mit Schmelz, Dentin und Füllungspartikeln sowie kariösem Material,

Bohr- und Schleiferteilchen versetzt ist".

Aus dem Spraynebel konnten sie folgende Bakterien isolieren: grampositive Kokken, Staphylokokken, Streptokokken, gramnegative Stäbchen, Bakt. flavum, E. coli, Sporenbildner, Pilze und Hefen.

Das Fehlen von ausgesprochen pathogenen Keimen führte die damaligen Autoren zu sehr unterschiedlichen Bewertungen, was die Infektionsgefahr für Patient und Zahnarzt durch keimhaltige Aerosole anging (ALBRECHT, RIETHE u. WASILEWSKI 1953; RIETHE u. GALSTER 1963; LENK u. EICHNER 1963; BAUER, LANGER u. PORTELE 1967).

Die Gefahr einer iatrogenen Infektion der gesunden Mundhöhle wurde für relativ gering erachtet. Völlig ausgeschlossen werden konnte sie allerdings nicht (ENGELHARDT 1967).

2.1.2. Wasseruntersuchung in den wasserführenden Aggregaten

Der Feststellung, daß das Kühlwasser selbst als Keimträger in Frage kommt (RIETHE 1960), wurde bis dahin wenig Aufmerksamkeit geschenkt.

Nach einer Serie von schweren Pyoceaneus-Infektionen entdeckte GRÜN (1967) nach epidemiologischen Untersuchungen eine unerwartete Infektionsquelle. Es konnte festgestellt werden, daß es sich um eine Kontamination des Trinkwassers handelte, hervorgerufen durch Pseudomonas aeruginosa, einer gramnegativen Bakterienart, die sich dem Chloreffekt entzieht.

Im Rahmen der nachfolgenden Untersuchungen wurde das Kühlwasser von fünf Turbinen auf den Gehalt von Bakterien untersucht. Das Wasser enthielt Keimzahlen zwischen 70 000 und 28 000 000 pro ml. Der Keimpegel sank zwar während der Betriebszeit ab, erreichte aber niemals Trinkwasserqualität.

Untersuchungen von BAUER und Mitarb. (1967) im gleichen Jahr bestätigten das Ergebnis. Neben Ps. aerug. wurden von ihnen noch Bakt. anitratum, E. coli und einige apathogene Keimarten im Wasser des Sprays gefunden.

1969 stellten GRÜN u. CROTT ergänzend fest, daß die Verkeimung des Vorratswassers in der Turbine proportional seiner Verweildauer im Vorratsbehälter ist. Vorzugsweise wurden auch von ihnen im Turbinenkühlwasser Ps. aerug. und Achromobakter gefunden, die sich wegen ihrer Anspruchslosigkeit in diesem Medium halten und sogar vermehren können.

Weitere Untersuchungen ergaben ein massenhaftes Vorkommen von Bakterien in konstruktionsbedingten Toträumen der zahnärztlichen Units (MCENTEGART u. CLARK 1973). Es wurde vermutet, daß sich die Mikroorganismen vorzugsweise in den langen, kleinlumigen Kunststoffschläuchen sowie in den Wasservorratsbehältern, Wasserweichen und Filtergehäusen der zahnärztlichen Einheiten festsetzen.

Ein zusätzlicher hygienischer Schwachpunkt ist die Rücksaugung von Spraywasser in das Kühlwassersystem nach dem Abschalten der Turbine. Auf diese Weise können die Mikroorganismen der Mundflora in das Wassersystem eindringen, wie GRÄF und VOLLMUTH (1977) untersuchten.

Das Wachstum der auf diese Weise eingedrungenen Bakterien wird besonders durch das auf ca. 30° angewärmte Wasser begünstigt. BOTZENHARDT, WOLF u. THOFERN (1975) konnten nachweisen, daß das Wachstum von Ps. aerug. in 30° warmem Wasser ein Optimum erreicht.

2.1.3. Wasserqualität vor Erreichen der Behandlungseinheit

Neben diesen Kontaminationsquellen, deren Ursache in der Konstruktion zahnärztlicher Behandlungseinheiten zu suchen ist, wird in der Literatur auf eine weitere Kontaminationsquelle aufmerksam gemacht.

Wasserversorgungsrohre können, besonders in alten Anlagen, mikrobielle Herde enthalten. STADELER und KLOSTERKÖTTER fanden 1976 heraus, daß sich in den Rohrlumina Ablagerungen befinden, in denen sich Keimnester einlagern können. Mit dem Versorgungswasser erreichen die herausgespülten Keime die zahnärztliche Einheit.

Obwohl auf den „bakteriologischen Wasserfehler" in den letzten Jahren wiederholt aufmerksam gemacht wurde, schenkt man ihm so gut wie keine Aufmerksamkeit (BRANTNER 1968; GRÜN 1974; SCHWEISFURTH 1961; THOFERN 1970).

2.2. Rechtliche Anforderungen

Die Tatsache, daß das Wasser in den wasserführenden Aggregaten kontaminiert ist, spricht für sich. Besonders aber die Anwesenheit von potentiell pathogenen Keimen, wie Staph. aureus oder Ps. aerug., die beide in die Kategorie der Hospitalismus-Keime gehören, ist sowohl von medizinisch wichtiger Bedeutung als auch juristisch nicht unbedenklich.

2.2.1. Prinzipielle ärztliche Behandlungsgrundsätze

SCHMIDT hat in diesem Zusammenhang höchstrichterliche Entscheidungen zusammengestellt (zitiert nach GRÜN 1967):

1) RG-Urteil vom 13. 12. 1940:
„Es ist die Pflicht eines jeden Arztes, durch äußerste Vorsicht seine Kranken vor jeder Ansteckung und damit verbundener Gefahr zu bewahren".

2) RG-Urteil vom 22. 3. 1932:
„... herrscht (unter Sachverständigen) Streit darüber, welches Maß an Vorsicht nötig ist, um eine Ansteckung zu verhüten, so hat der Arzt im allgemeinen die größte Vorsicht zu beachten, wenn er nicht fahrlässig handeln will."

Vom BGH liegen Urteile gleicher Tendenz vor. Besonders vor dem Hintergrund der Hospitalismusproblematik muß oben erwähnten Keimen größte Aufmerksamkeit zukommen. An die Stelle antibiotikaresistenter Staphylokokken, die seit den 50er Jahren den Begriff des Hospitalismus geprägt haben, treten immer mehr Pseudomonadenstämme in den Vordergrund. Als ausgesprochenen Naßkeimen bietet ihnen der zahnärztlicher Arbeitsplatz ein besonders günstiges Ausbreitungsfeld. Der Kontaminierung wasserführender Aggregate ist deshalb in der zahnärztlichen Praxis besondere Aufmerksamkeit zu schenken.

2.2.2. Gesetzliche Trinkwasserbestimmungen

Da das gesamte Nutzwasser in der zahnärztlichen Praxis unter den Begriff Trinkwasser fällt, unterliegt es gesetzlichen Bestimmungen. Unter „Trinkwasser" faßt der Gesetzgeber das gesamte in der Industrie, in Gewerbe und Haushalt verwandte Wasser zusammen. Die Trinkwasserqualität unterliegt der DIN 2000 des deutschen Normenausschußes für zentrale Trinkwasserversorgung.

Trinkwasser muß so beschaffen sein, daß durch seinen „Genuß oder Gebrauch die menschliche Gesundheit insbesondere durch Krankheitserreger nicht geschädigt werden kann"(HOLTHÖFER-JUCKENACK-NÜSE 1966).

Laut Trinkwasser-Verordnung vom 31. 1. 1975 gelten der Gehalt an E. coli und des freien Restchlors sowie die Gesamtkeimzahl als Kriterien zur Beurteilung. Danach dürfen coliforme Bakterien

in 100ml nicht enthalten sein,und die Gesamtkeimzahl von 100 pro 1ml darf nicht überschritten werden. Zusätzlich wird kein Nachweis anderer Mikroorganismen gefordert. Ebenso darf der Gehalt an freiem Restchlor nicht unter 0,1mg pro Liter sinken,höchstens aber 0,3mg pro Liter betragen.

Angesichts der vielfältigen Kontaminationsmöglichkeiten des wasserführenden Systems in der zahnärztlichen Praxis sind die Infektionswege systematisch zu untersuchen. Dabei zu berücksichtigen sind die individuellen Unterschiede in den Behandlungsbereichen: Anlage der Behandlungsräume, Behandlungsschwerpunkte in der konservierenden Zahnheilkunde, Prothetik und Chirurgie, soziale Zusammensetzung der Patienten sowie praxis- und klinikspezifische Keime sind die individuellen Schwerpunkte (GRÄF u. MÜLLER 1976; ENGELHARDT 1967; CASELITZ 1974).

3. Eigene Untersuchung

3.1. Methode

3.1.1. Untersuchtes Material

Die Untersuchungen wurden an sechs Siemenseinheiten (Sirodont / Siroflex) durchgeführt. Drei von ihnen waren in der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie der ZMK-Klinik Bonn in Betrieb (Sirodont), während die übrigen drei (Siroflex) in der Poliklinik für zahnärztliche Prothetik standen.

3.1.1.1. Wasserproben von der Einheit

Es wurden zuerst Wasserproben ausserhalb der Einheit genommen. Hierfür wurden vier Entnahmestellen benutzt:

1) der Wasserhahn des Handwaschbeckens auf der Zahnarztseite,
2) die Spraypistole der Zahnarztseite (Sprayvit)
3) der Kühlspray des Sirona Mikromotors aus der Schlauchkupplung,
4) das Umspülwasser vom Helferinnenteil (Speifontäne).

Es wurden jeweils 10ml Wasser in sterile Glasröhrchen gefüllt. Entnommen wurden die Wasserproben montags vor Behandlungsbeginn um 7 Uhr, ein zweites Mal während der Behandlung um 11 Uhr und ein drittes Mal nach Abschluß der Behandlung und erfolgter Reinigung durch die Helferinnen um 17.30 Uhr.

3.1.1.2. Wasser- und Filterproben in der Einheit

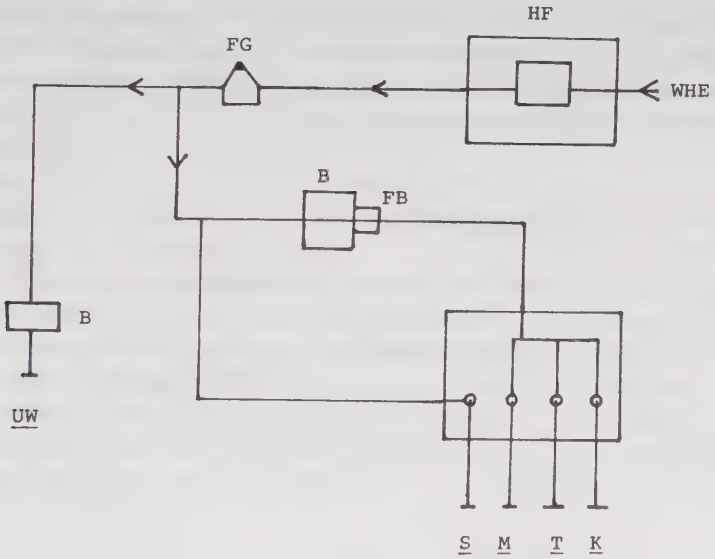
Neben den Proben, die ausserhalb der Einheit gewonnen wurden, wurden noch weitere Proben entnommen. Aus acht Einheiten (5 aus der Poliklinik für Zahnerhaltung, 3 aus der Poliklinik für zahnärztliche Prothetik) wurden Materialproben und Filter entnommen. Die Proben wurden mit sterilen Pinzetten nach dem Ausbau direkt in sterile Glasgefäße gegeben und verschlossen.

Im Einzelnen wurden untersucht:

1) das Wasser vom Wasserhaupteingang im Bodenanschlußkasten
2) der Haupteingangsfilter im Bodenanschlußkasten
3) der Geräteeingangsfilter
4) der Boilerausgangsfilter
5) ein Schlauchabschnitt der wasserführenden Schläuche

Ein Überblick über die Lage der Filter innerhalb der Wasserversorgung gibt nachfolgende Abbildung:

Abbildung 1: Schematische Darstellung der Wasserversorgung in der Einheit



WHE = Wasserhaupteingang
HF = Hauptfilter
FG = Geräteeingangsfilter
B = Wasserboiler
FB = Boilerausgangsfilter
UW = Umspülwasser
S = Sprayvit
M = Mikromotorkühlspray
T = Turbinenkühlspray
K = Kavitron

3.1.2. Untersuchungsablauf

3.1.2.1. Quantitativer Teil

Die so gewonnenen Proben wurden innerhalb einer Stunde weiterverarbeitet. Die Untersuchungen auf die quantitative Keimbelastung wurden mit Hilfe zweier unterschiedlicher Methoden durchgeführt.

3.1.2.1.1. Ausspachtelungsmethode

Für die erste Methode mußte eine Verdünnungsreihe der Wasserproben bis 10^{-2} hergestellt werden. Danach wurde 1ml der verdünnten Wasserprobe auf einer Nähragarplatte ausgespachtelt und bei 37°C 24 Stunden lang bebrütet.

3.1.2.1.2. Angußmethode

Zum Vergleich wurde die Gußplattenmethode herangezogen. Jeweils 1 Milliliter der Wasserprobe wurde in eine Petrischale gegeben. Danach wurde in die Petrischale flüssiger Nähragar gegossen, der bis auf 45°C abgekühlt war. Danach wurden Agar und Wasserprobe gut vermischt. Die Bebrütung erfolgt 48 Stunden, jeweils bei 20°C und 37°C. Das Auszählen geschah unter sechs- bis achtfacher Lupenvergrößerung.

3.1.2.2. Qualitativer Teil

3.1.2.2.1. Membranfilterung

Um auch bei minimalem Keimgehalt eine exakte Keimbestimmung durchführen zu können, wurde für den qualitativen Teil die verbliebenen Wassermengen membrangefiltert. Mit Hilfe einer Wasserstrahlpumpe wird unter einem Edelstahltrichter ein Unterdruck erzeugt.

Durch das Öffnen des Durchlaufs wird das in dem Trichter befindliche Wasser nach unten durch eine Membranfilterscheibe abgesaugt (Sartorius Membranfilter GmbH 3400 Göttingen; Filtrationsgerät aus Edelstahl 500mm,Best. Nr. Typ SM 16201; Membranfilter ∅ 50mm Porengröße 0,45, Best. Nr. Typ SM 13106 AC). Mit einer sterilen Pinzette wurde die Membranfilterscheibe vom Filter genommen und auf Nähragar 24 Stunden bei 37°C bebrütet.

3.1.2.2.2. Peptonanguß

Zur Bebrütung der kompakten Filtersiebe wird eine andere Methode gewählt. In das Glasgefäß, in dem sich das Filtersieb befindet, wird Peptonlösung gegossen. Danach wird durch Vibration des Glasgefäßes versucht, möglichst viele Keime aus den Siebmaschen herauszulösen. Nach 48 stündiger Bebrütung bei 37°C werden die auf der Lösungsoberfläche schwimmenden Bakterienhäute bzw. schwimmenden Kolonien mit einer Drahtschlinge abgefischt und auf Nähragar ausgestrichen.

3.1.2.2.3. Übertragung auf Selektivnährböden mittels Stempelmethode

Die bei 37°C bebrüteten Agarplatten werden nach 24 Stunden auf drei Selektivnährböden überimpft:

1) auf Endoagar zur Differenzierung von gram-negativen Bakterien
2) auf Blutagar
3) auf Cetrimidagar zum Nachweis auf Pseudomonaden.

Die Übertragung geschieht mit Hilfe der von EXNER (1979) entwickelten Stempelmethode. Dabei handelt es sich um in der Textilindustrie verwandte Kratzbürsten, die zum Kämmen von langen Baumwollfäden benutzt werden. Diese werden auf einem Stempelträger aus Aluminium oder Holz befestigt. Die einzelnen Borsten haben einen Durchmesser von 0,3mm und sind im Abstand von

einem Milimeter auf einer Unterlage befestigt, die aus Zellulose, Leinen und Gummi besteht.

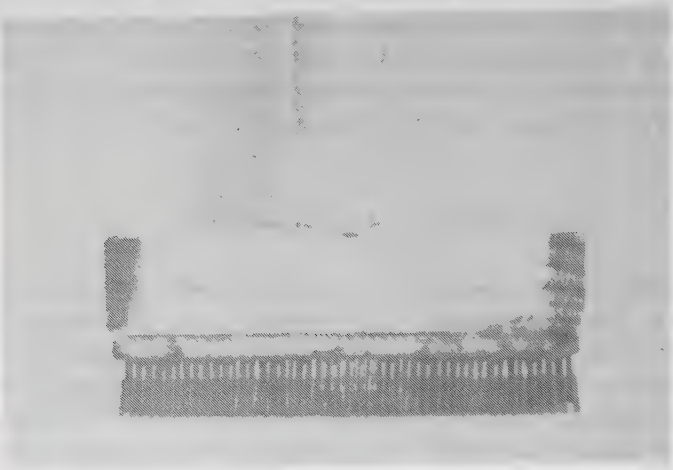


Bild 1: von EXNER entwickelter Stempel (1 : 1,4)

Durch leichtes Aufdrücken des Stempels auf die Primärkolonie werden alle auf der Platte befindlichen Kolonien erfaßt. Anschließend überstempelt man auf die jeweiligen Selektivnährböden.

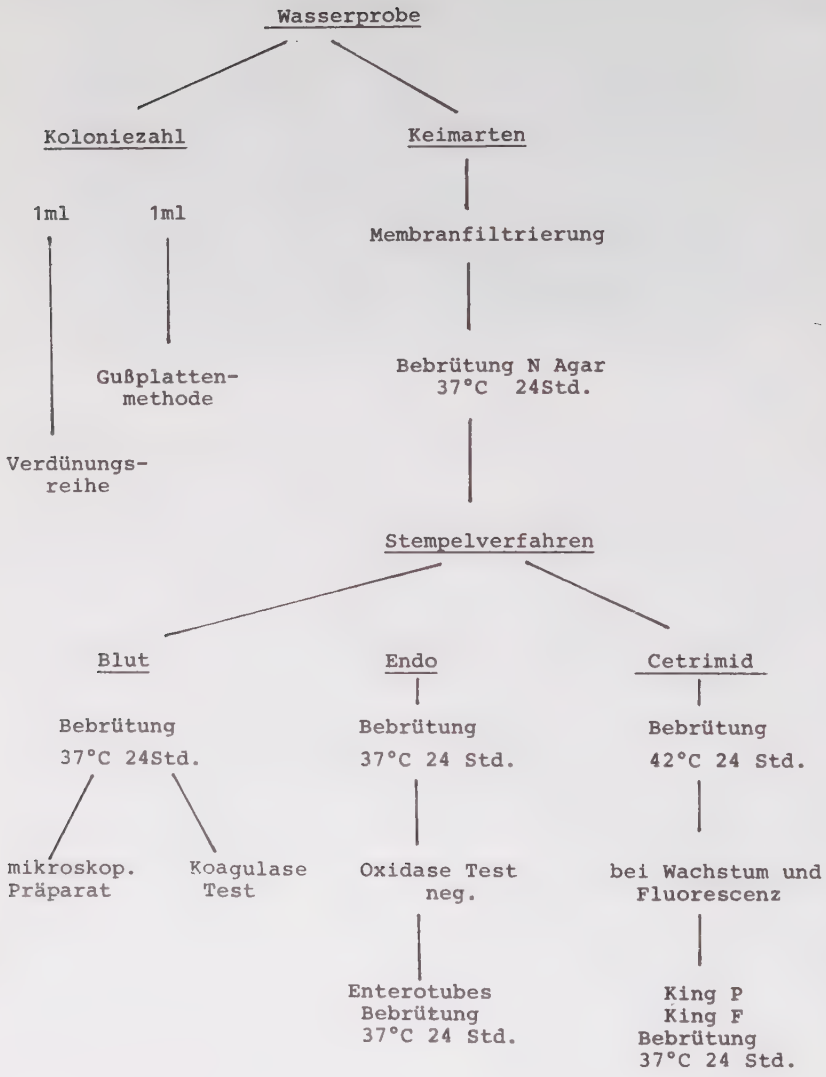
Diese Methode gestattet auf einfache Weise ein Übertragen der Primärkolonie in ihrer Gesamtheit auf Selektivnährböden. Um nach der Bebrütung eine eindeutige Zuordnung von Primärkolonien und Sekundärkolonien auf den Selektivnährböden zu erhalten, werden die Platten mit Markierungspfeilen gekennzeichnet. Bei der vergleichenden Betrachtung kann man so die Lokalisation bestimmter Keime direkt übersehen.

3.1.2.2.4. Weiterdifferenzierung

Zur weiteren Differenzierung wurden von Endoplatten Kolonien auf Enterotubes (Roche^{R}) überimpft. Dieses Testsystem dient zur Differenzierung von Enterobacteriaceae und somit zur Erkennung fäkaler Verunreinigung des Wassers.

Von den Kolonien der Blutagarplatten wurden auf Objektträgern Grampräparate hergestellt. Nach der Gramfärbung wurden diese Präparate unter dem Mikroskop beurteilt. Zur Pathogenitätsprüfung von Staphylokokken wurde der Plasmakoagulasetest angewandt. Als Testserum wurde Kaninchenplasma verwandt.
Die auf dem Pseudomonaden-Selektivnährboden Cetrimid gewachsenen Kolonien wurden auf die Nährböden King p und King F überimpft, um so die Pseudomonaden weiter differenzieren zu können.

Abbildung 2: Angewandtes Untersuchungsschema



3.1.2.2.5. Rezepturen

Cetrimid-Agar	pH 7,2
Pseudomonaden-Selektivagar(Basis) Merck Art. 5284	
Pepton aus Gelatine	20,0g
Magnesiumchlorid	1,4g
Kaliumsulfat	10,0g
N-Cetyl-N,N,N, trimethylamoniumbromid	0,5g
Agar-agar	13,6g

Endo-Nähragar	pH 7,2
aqua dest.	1,5%-1,8%
Casein Pepton	1,0%
Kochsalz	0,5%
Fleischextrakt	0,3%

Blutagar	pH 7,3
Pepton	10g
Fleischextrakt	10g
Kochsalz	5g
Agar	15g
Hammelblut	10g

Nähragar	pH 7,2
aqua dest.	1000ml
Pepton Fleisch	25g
Kochsalz	5g
Agar	18g

King-P: blau	pH 7,2
aqua bidest	500ml
Glycerin bidest	5g
Witte Pepton	10g
K_2SO_4	5g
$MgCl_2$	1,5g
Bacto-Agar	6g

King-P: gelb	pH 7,2
aqua bidest	500ml
Glycerin bidest	5g
KH_2PO_4	0,75g
$MgSO_4$	0,75g
Bacto-Pepton	10g
Bacto-Agar	5g

3.2. Ergebnisse

3.2.1. Vorversuch

Um die Anwendbarkeit der Untersuchungsmethode zu überprüfen und einige grundsätzliche Parameter für den Hauptversuch zu gewinnen, wurde ein Vorversuch unternommen. Als erstes sollte er feststellen, welche durchschnittliche Wassermenge die zu testenden Aggregate während der Betriebszeit durchläuft. Bei drei Behandlungseinheiten wurden die Durchlaufmengen und gleichzeitig die jeweiligen Wassertemperaturen untersucht.

Tabelle 1:

		Umspülwasser	Kühlspray	Sprayvit
1.Einheit	Menge/30sec	100ml	10ml	30ml
	Temperatur	26°C	24°C	27°C
2.Einheit	Menge/30sec	120ml	17ml	25ml
	Temperatur	22°C	20°C	28°C
3.Einheit	Menge/30sec	100ml	15ml	20ml
	Temperatur	27°C	24°C	27°C

Weiter wurde untersucht, wieviel freies Restchlor im Wasser vorhanden ist. Bestimmt wurde der Restchlorgehalt anhand der o-Tolidin-Methode und dem Lovibond-Comperator System. Beides sind Systeme, die anhand von Farbvergleichen das freie Restchlor bestimmen. Alle ermittelten Werte lagen unter 0,1mg Chlor/Liter.

Danach wurden von sechs Einheiten vor Behandlungsbeginn Wasserproben zur quantitativen Keimbestimmung entnommen. Die Zahlen der koloniebildenden Einheiten (KBE), die ermittelt wurden, zeigt die nachfolgende Tabelle.

Tabelle 2:

	Koloniebildende Einheiten					
	Z 1	Z 2	Z 3	P 1	P 2	P 3
Leitungswasser	10	10	-	10	20	340
Umspülwasser	200	-	-	20	70	40
Sprayvit	300	-	300	150	100	700
Kühlspray	540	330	100	120 000	4 600	5 700

Legende: Z= Einheit in der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie
P= Einheit in der Poliklinik für zahnärztliche Prothetik

Diese Werte wurden anhand der Ausspachtelungsmethode und vorheriger Verdünnung auf 10^{-2} ermittelt.
Anschließend wurden das Umspülwasser, Sprayvit und der Kühlspray von drei Einheiten auf seinen qualitativen Keimgehalt untersucht. Wie Tabelle 3 zeigt, wurden unter anderem zwei fakultativ pathogeng Keimarten isoliert: Pseudomonas aeruginosa und Enterobachter cloacae

Tabelle 3:

Proben Nr.		Material	Koloniebildende Einheiten	Keimarten
1	Z 1	Umspülwasser	-	-
2		Sprayvit	18 Kolonien	Endo-neg. Cetrimid-neg.
3		Kühlspray	10 Kolonien	gram-neg. Stäbchen Pseudomonaden
4	Z 2	Umspülwasser	zahlreiche weiße Kolonien	Endo-neg. Cetrimid-neg.
5		Sprayvit	rasenartiges Wachstum	gram-neg. Stäbchen Pseudomonas aeruginosa
6		Kühlspray	200 Kolonien	gram-neg. Stäbchen Pseudomonas aeruginosa
7	Z 3	Umspülwasser	22 Kolonien	Endo-neg., Cetrimid-ne
8		Sprayvit	300 Kolonien	Pseudomonaden Enterobacter cloacae
9		Kühlspray	15 Kolonien	gram-pos. Kokken gram-neg. Stäbchen

Zum Schluß wurden aus zwei Behandlungseinheiten Filter- und Wasserproben entnommen. Dabei wurden die Proben auf ihren qualitativen Keimgehalt untersucht.
Auffallend war, daß die Filtersiebe stark mit Schmutzresten zugesetzt waren. Als fakultativ pathogene Keimarten wurden Pseudomonas aeruginosa und Staphylococcus aureus gefunden. Beide gehören zur Gruppe der Hospitalkeime.
Insgesamt konnten aus den Proben folgende Keimarten isoliert werden:

Tabelle 4:

Proben Nr.	Material	Keimart
61	Wasser vom Wasser-haupteingang	gram pos. Kokken Sporenbildner
62	Haupteingangsfilter	Sporenbildner
63	Geräteeingangsfilter	Pseudomonas aeruginosa Sporenbildner
64	Boilerausgangsfilter	gram pos. Kokken Pseudomonas aeruginosa
65	Wasser aus der Wasserweiche	Pseudomonas aeruginosa
66	Wasseranschlußschlauch	gram pos. Haufenkokken
67	Wasser vom Wasser-haupteingang	gram neg. Stäbchen Sporenbildner
68	Haupteingangsfilter	Sporenbildner
69	Geräteeingangsfilter	Sporenbildner
70	Boilerausgangsfilter	gram pos. Haufenkokken
71	Wasser aus der Wasserweiche	gram neg. Stäbchen
72	Wasseranschlußschlauch	gram pos. Haufenkokken Staphylococcus aureus

3.2.2. Hauptversuch

Von den getesteten Behandlungseinheiten des Hauptversuchs befand sich drei in der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie und drei in der Poliklinik für zahnärztliche Prothetik. Die Ergebnisse stellen ein wasserhygienisches Tagesprofil dar.

Tabelle 5:

Behandlungs-Platz Z 1

Zeit	Proben Nr.	Material	KBE/ml	Keimart
7.00	1	Leitungswasser	2	gr.neg.Stäb. Sporb.
	2	Sprayvit	300	gr.pos.H.Kokk. Aerobact. Ps.a.
	3	Kühlspray	1 100	gr.neg.Stäb. Ps.fluor.
	4	Umspülwasser	450	gr.neg.Stäb.
11.00	25	Sprayvit	1 500	Aerobact., Ps.a. gr.neg.Stäb.
	26	Kühlspray	800	Ps.a., Sporb. Aerobact., gr.neg.Stäb.
	27	Umspülwasser	700	Ps.a.
17.30	43	Sprayvit	400	gr.neg.Stäb. Ps.fluor.
	44	Kühlspray	3 000	Ps.a., Aerobact.
	45	Umspülwasser	100	gr.neg.Stäb.

Erklärung der Abkürzungen: diese Abkürzungen gelten für alle nachfolgenden Tabellen.

gr.neg.Stäb. = gram-negative Stäbchen
gr.pos.H.Kokk. = gram-positive Haufen-Kokken
Aerobact. = Aerobacter
Achromobact. = Achromobacter
Ps.a. = Pseudomonas aeruginosa
Ps. fluor. = Pseudomonas fluorescens
Ps. spez. = Pseudomonaden spezies
Sprob. = Sporenbildner

Tabelle 6:

Behandlungs-Platz Z 2

Zeit	Proben Nr.	Material	KBE/ml	Keimart
7.00	7	Leitungswasser	200	gr.neg.Stäb. Achrombact. Aerobact.
	6	Sprayvit	450	gr.neg.Stäb. Ps.spez.,Sporb. Aerobact.
	8	Kühlspray	300	Aerobact., Ps.spez. gr.neg.Stäb.
	5	Umspülwasser	170	Achrombact. gr.neg.Stäb.
11.00	28	Sprayvit	400	Aerobact. Ps.spez. gr.neg.Stäb.
	29	Kühlspray	9 800	Ps.spez. Aerobact. gr.neg.Stäb.
	30	Umspülwasser	400	gr.neg.Stäb.
17.30	46	Sprayvit	100	Ps.a. gr.neg.Stäb.
	47	Kühlspray	10 000	Ps.a.
	48	Umspülwasser	4 400	gr.neg.Stäb. Ps.spez.

Tabelle7 :

Behandlungs-Platz Z 3

Zeit	Proben Nr.	Material	KBE/ml	Keimart
7.00	9	Leitungswasser	100	gram.neg.Stäb.
	11	Sprayvit	100	gram.neg.Stäb. Ps.spez.
	10	Kühlspray	200	gram.neg.STäb. Achromobact. Sporb.
	12	Umspülwasser	45	gram.pos.Stäb. Sporb.
11.00	31	Sprayvit	300	Sporb. Ps.spez.
	32	Kühlspray	300	Achrombact. gr.neg.Stäb. gr.pos.Kokken
	33	Umspülwasser	20	gr.neg.Stäb.
17.30	49	Sprayvit	1 400	Ps.spez.
	50	Kühlspray	900	gr.neg.Stäb. Achromobact.
	51	Umspülwasser	40	gr.neg.Stäb.

Tabelle 8:

Behandlungs-Platz P 1

Zeit	Proben Nr.	Material	KBE/ml	Keimart
7.00	13	Leitungswasser	120	Achromobact. gr.neg.Stäb.
	14	Sprayvit	1 400	Sporb. gr.neg.Stäb. gr.pos.Kokken
	15	Kühlspray	12 000	gr.neg.Stäb. Ps.a.
	16	Umspülwasser	1 400	Achromobact. gr.neg.Stäb.
11.00	34	Sprayvit	3 000	gr.neg.Stäb.
	35	Kühlspray	10 000	Aerobact. Ps.a.
	36	Umspülwasser	200	gr.neg.Stäb.
17.30	52	Sprayvit	6 100	Aerobact. gr.neg.Stäb. Ps.spez.
	53	Kühlspray	9 200	Ps.a.
	54	Umspülwasser	400	gr.neg.Stäb.

Tabelle 9:

Behandlungs-Platz P 2

Zeit	Proben Nr.	Material	KBE/ml	Keimart
7.00	17	Leitungswasser	200	gr.neg.Stäb. Ps.a.
	20	Sprayvit	300	gr.neg.Stäb.
	19	Kühlspray	1 600	Aerobact. gr.neg.Stäb.
	18	Umspülwasser	600	gr.neg.Stäb. Ps.spez.
11.00	37	Sprayvit	1 000	gr.neg.Stäb.
	38	Kühlspray	3 400	gr.neg.Stäb.
	39	Umspülwasser	350	gr.neg.Stäb.
17.30	55	Sprayvit	900	gr.neg.Stäb.
	56	Kühlspray	7 500	Aerobact. gr.neg.Stäb.
	57	Umspülwasser	100	gr.neg.Stäb.

Tabelle 10:

Behandlungs-Platz P 3

Zeit	Proben Nr.	Material	KBE/ml	Keimart
7.00	21	Leitungswasser	100	gr.neg.Stäb. Aerobact.
	24	Sprayvit	500	gr.neg.Stäb. Aerobact. Ps.a.
	23	Kühlspray	1 300	Ps.a.
	22	Umspülwasser	1	Achromobact. gr.neg.Stäb.
11.00	40	Sprayvit	200	gr.neg.Stäb.
	41	Kühlspray	7 000	Ps.a.
	42	Umspülwasser	500	gr.neg.Stäb. Ps.a. Ps.spez.
17.30	58	Sprayvit	5 500	Aerobact. gr.neg.Stäb. Ps.a.
	59	Kühlspray	9 200	Aerobact. Ps.a.
	60	Umspülwasser	100	gr.neg.Stäb. Ps.a. Ps.spez.

Bei der nachfolgenden Untersuchung der Filter und Schlauchstücke wurde auf eine quantitative Aussage verzichtet.
Es sollte vielmehr eine Antwort gegeben werden, ob die außerhalb gefundenen Keimarten auch innerhalb der Einheit zu finden sind.
Nachfolgende Keimarten konnten kultiviert werden:

Tabelle 11:

Behandlungseinheit Z 1

Proben Nr.	Material	Keimart
73	Wasser vom Wasserhaupteingang	gr.neg.Stäb. Ps.a.
74	Haupteingangsfilter	gr.neg.Stäb. Ps.a. gr.pos.H.Kokk.
75	Geräteeingangsfilter	gr.neg.Stäb. Ps.spez.
76	Boilerausgangsfilter	gr.pos.H.Kokk. Sporb.
77	Wasseranschlußschlauch	Ps.a.

Tabelle 12:

Behandlungseinheit Z 2

Proben Nr.	Material	Keimart
78	Wasser vom Wasserhaupteingang	Ps.spez.
79	Haupteingangsfilter	Sporb. gr.pos.Kokken
80	Geräteeingangsfilter	Sporb. Ps.a. gr.pos.Kokken
81	Boilerausgangsfilter	Sporb.
82	Wasseranschlußschlauch	gr.pos.H.Kokk.

Tabelle 13:

Behandlungseinheit Z 3

Proben Nr.	Material	Keimart
83	Wasser vom Wasserhaupteingang	gr.neg.Stäb. Sporb.
84	Haupteingangsfilter	Sporb.
85	Geräteeingangsfilter	Ps.a. Sporb.
86	Boilerausgangsfilter	gr.neg.Stäb. Ps.a. gr.pos.Kokken Sporb.
87	Wasseranschlußschlauch	Sporb.

Tabelle 14:

Behandlungseinheit P 1

Proben Nr.	Material	Keimart
88	Wasser vom Wasserhaupteingang	gr.neg.Stäb.
89	Haupteingangsfilter	Sporb.
90	Geräteeingangsfilter	Ps.spez. Sporb.
91	Boilerausgangsfilter	-
92	Wasseranschlußschlauch	Ps.spez.

Tabelle 15:

Behandlungseinheit P 2

Proben Nr.	Material	Keimart
93	Wasser vom Wasser-haupteingang	gr.neg.Stäb.
94	Haupteingangsfilter	Sporb.
95	Geräteeingangsfilter	gr.pos.H.Kokk. Ps.spez.
96	Boilerausgangsfilter	gr.pos.H.Kokk.
97	Wasseranschlußschlauch	Sporb. Ps.spez. gr.pos.H.Kokk.

Teabelle 16:

Behandlungseinheit P 3

Proben Nr.	Material	Keimart
98	Wasser vom Wasser-haupteingang	gr.neg.Stäb.
99	Haupteingangsfilter	Sporb.
100	Geräteeingangsfilter	Ps.spez.
101	Boilerausgangsfilter	Sporb.
102	Wasseranschlußschlauch	Ps.a. Enterobacter-agglomerans

3.2.3. Quantitativer Kontrollversuch

Um mit anderen Autoren vergleichbare Ergebnisse zu erhalten, wurde in einem abschließenden Kontrollversuch die Angußmethode zur quantitativen Koloniezahlbestimmung gewählt.
Auch der Gesetzgeber schreibt die Angußmethode zur Trinkwasseruntersuchung im § 12 der Trinkwasserverordnung vor, um vergleichbare Ergebnisse zu erhalten.
Die nachfolgende Testreihe wurde ebenfalls an den oben aufgeführten Behandlungseinheiten durchgeführt.

Tabelle 17:

Behandlungseinheit Z 1

Zeit	Proben Nr.	Material	KBE/ml 22°C	37°C
7.00	1	Leitungswasser	21 600	180
	2	Sprayvit	16 200	1 200
	3	Kühlspray	1 200	50
	4	Umspülwasser	32 400	3 240
11.00	25	Sprayvit	5 400	20
	26	Kühlspray	43 200	720
	27	Umspülwasser	540	800
17.30	43	Sprayvit	10 800	200
	44	Kühlspray	54 000	16 200
	45	Umspülwasser	600	120

Tabelle 18:

Behandlungseinheit Z 2

Zeit	Proben Nr.	Material	KBE/ml 22°C	37°C
7.00	5	Leitungswasser	3 240	-
	6	Sprayvit	108 000	5 400
	7	Kühlspray	27 000	150
	8	Umspülwasser	3 200	380
11.00	28	Sprayvit	135 000	40
	29	Kühlspray	140 400	3 000
	30	Umspülwasser	100	150
17.30	46	Sprayvit	135 000	30
	47	Kühlwasser	270 000	16 200
	48	Umspülwasser	780	540

Tabelle 19:

Behandlungseinheit Z 3

Zeit	Proben Nr.	Material	KBE/ml 22°C	37°C
7.00	9	Leitungswasser	10	1
	10	Sprayvit	126 000	20
	11	Kühlspray	340 200	3 000
	12	Umspülwasser	10	45
11.00	31	Sprayvit	21 600	90
	32	Kühlwasser	108 000	50
	33	Umspülwasser	-	-
17.30	49	Sprayvit	4 200	60
	50	Kühlwasser	10 800	60
	51	Umspülwasser	108	40

Tabelle 20:

Behandlungseinheit P 1

Zeit	Proben Nr.	Material	KBE/ml 22°C	37°C
7.00	13	Leitungswasser	5	-
	14	Sprayvit	162 000	-
	15	Kühlspray	756 000	30
	16	Umspülwasser	21 060	1 080
11.00	34	Sprayvit	54 000	-
	35	Kühlspray	189 000	6 000
	36	Umspülwasser	100	30
17.30	52	Sprayvit	32 400	-
	53	Kühlspray	21 600	230
	54	Umspülwasser	108	40

Tabelle 21:

Behandlungseinheit P 2

Zeit	Proben Nr.	Material	KBE/ml 22°C	37°C
7.00	17	Leitungswasser	2 700	4 860
	18	Sprayvit	162 000	50
	19	Kühlspray	64 800	200
	20	Umspülwasser	3 700	4 800
11.00	37	Sprayvit	378 000	1 200
	38	Kühlspray	297 000	10 800
	39	Umspülwasser	30	100
17.30	55	Sprayvit	162 000	1 800
	56	Kühlspray	351 000	81 000
	57	Umspülwasser	780	30

Tabelle 22:

Behandlungseinheit P 3

Zeit	Proben Nr.	Material	KBE/ml 22°C	37°C
7.00	21	Leitungswasser	2 700	420
	22	Sprayvit	378 000	340
	23	Kühlspray	324 000	30
	24	Umspülwasser	2 000	480
11.00	40	Sprayvit	432 000	459 000
	41	Kühlspray	162 000	600
	42	Umspülwasser	1 200	300
17.30	58	Sprayvit	162 000	2 400
	59	Kühlspray	135 000	600
	60	Umspülwasser	1 800	200

3.2.4. Zusammenfassung der Ergebnisse

A. Quantitativer Teil

Bei der zusammenfassenden Betrachtung stehen die Mikroorganismen im Vordergrund, die in der 37°C Kultur gewachsen sind. Diese sind häufig Ausdruck der Einschwemmung von Mikroorganismen tierischen oder menschlichen Ursprungs.
Im Gegensatz dazu erfaßt die Bebrütung bei 22°C in erster Linie die bei niedrigen Temperaturen wachsenden Mikroorganismen, die vornehmlich auf Pflanzen und in Gewässern leben.
Bei der quantitativen Untersuchung ist zusammenfaßend folgendes festzustellen:

1) Bei über der Hälfte der untersuchten Leitungswasserproben wurden höhere Verkeimungswerte gefunden, als die vom Gesetzgeber angestrebten 100 KBE/ml.
Die Chlorierung des Wassers lag unter 0,1mg pro Liter.

2) Beim Umspülwasser konnte eine hohe Verkeimung festgestellt werden, deren Spitzenwerte 4800 KBE/ml erreichten. Auffallend ist, daß es in vier Fällen während der Behandlung zu einer starken Steigerung der Keimzahlen kam.

3) Der Keimzahlanstieg beim Sprayvit während des Behandlungsdauer war signifikant. In einem Fall wurden 459 000 KBE/ml erreicht.

4) Die durchschnittlich höchste Verkeimung konnte beim Kühlspray festgestellt werden. Mit Werten um 10 000 KBE/ml wurden nach Abschluß der Behandlung die Höchstwerte erreicht, in einem Fall 81 000 KBE/ml.

Auf nachfolgenden Tabellen sind in einer Übersicht der jeweiligen Tageskeimzahlen von sämtlich untersuchten Leitungswässern, Umspülwässern, Sprayvits und Kühlsprays aufgeführt.

Tabelle 23:

Übersicht über untersuchte Leitungswässer

Behandlungs-Platz	Ausspachtelung 37°C	KBE/ml Anguß 37°C	22°C
Z 1	2	180	21 600
Z 2	100	-	3 240
Z 3	100	1	10
P 1	120	-	5
P 2	200	4 860	2 700
P 3	100	420	2 700

Anmerkung:

Die im Hauptversuch (19.3.1979) vorgenommene Auswertung wurde nach der Ausspachtelungsmethode bestimmt, während die Angußmethode im Kontrollversuch (26.3.1979) angewandt wurde.

Tabelle 24:

Übersicht über untersuchte Umspülwässer zu verschiedenen Tageszeiten

Behandlungs-Platz	Zeit	KBE/ml Ausspachtelung 37°C	Anguß 37°C	22°C
Z 1	7.00	450	3 240	32 400
	11.00	700	800	540
	17.30	100	120	600
Z 2	7.00	170	380	3 200
	11.00	400	150	100
	17.30	4 400	540	780
Z 3	7.00	45	45	10
	11.00	20	-	-
	17.30	40	40	108
P 1	7.00	1 400	1 080	21 060
	11.00	200	30	100
	17.30	400	40	100
P 2	7.00	600	4 800	3 700
	11.00	350	100	30
	17.30	100	30	780
P 3	7.00	100	480	2 000
	11.00	500	300	1 200
	17.30	100	200	1 800

Tabelle 25:

Übersicht über untersuchte Spraywässer zu verschiedenen Tageszeiten

Behandlungs-Platz	Zeit	KBE/ml Ausspachtelung 37°C	Anguß 37°C	22°C
Z 1	7.00	300	1 200	16 200
	11.00	1 500	20	5 400
	17.30	400	200	10 800
Z 2	7.00	450	5 400	108 000
	11.00	400	40	135 000
	17.30	100	30	135 000
Z 3	7.00	100	20	126 000
	11.00	300	90	21 600
	17.30	1 400	60	4 200
P 1	7.00	1 400	-	162 000
	11.00	3 000	-	54 000
	17.30	6 100	-	32 400
P 2	7.00	300	50	162 000
	11.00	1 000	1 200	378 000
	17.30	900	1 800	162 000
P 3	7.00	500	340	378 000
	11.00	200	459 000	432 000
	17.30	5 500	2 400	162 000

Tabelle 26:

Übersicht über untersuchte Kühlsprays zu verschiedenen Tageszeiten

Behandlungs-Platz	Zeit	KBE/ml Ausspachtelung 37°C	Anguß 37°C	22°C
Z 1	7.00	1 100	50	1 200
	11.00	100	720	43 200
	17.30	3 000	16 200	54 000
Z 2	7.00	300	150	27 000
	11.00	9 800	3 000	140 400
	17.30	10 000	16 200	270 000
Z 3	7.00	220	3 000	340 200
	11.00	300	50	108 000
	17.30	900	60	10 800
P 1	7.00	12 000	30	756 000
	11.00	10 000	6 000	189 000
	17.30	9 200	230	21 600
P 2	7.00	1 600	200	64 800
	11.00	3 400	10 800	297 000
	17.30	7 500	81 000	351 000
P 3	7.00	1 300	30	324 000
	11.00	7 000	600	162 000
	17.30	9 200	600	135 000

B. Qualitativer Teil

Bei den qualitativen Untersuchungen konnten neben Aerobacter, Achromobacter, Sporenbildner, gram positiven Haufenkokken und gram positiven Stäbchen folgende fakultativ pathogene Mikroorganismen isoliert werden:

1) Staphylococcus aureus in einem Fall
2) Enterobacter agglomerans in einem Fall
3) Pseudomonas fluorescens in einem Fall
4) Pseudomonas aeruginosa in 28 Fällen
5) Pseudomonaden spezies in 18 Fällen
6) gram-negative Stäbchen in 57 Fällen

Dabei ist von besonderer Bedeutung, daß der Hospitalismuskeim Pseudomonas aeruginosa in 27,4% der untersuchten Proben isoliert werden konnte.
Weiter konnte festgestellt werden, daß die fakultativ pathogenen Mikroorganismen, die aus den Wasserproben isoliert werden konnten, auch innerhalb der untersuchten Einheiten vorkamen.
In zwei Fällen konnten Pseudomonaden auch vom Wasserhaupteingang im Bodenanschlußkasten der Einheit isoliert werden.
In den übrigen Fällen waren die Wasserfilter und -schläuche der Einheit kontaminiert. Von den zum Teil mit Wasserrohrsediment start verschmutzten Filtern konnten isoliert werden:

1) gram negative Stäbchen
2) gram positive Haufenkokken
3) Sporenbildner
4) Pseudomonas aeruginosa
5) Pseudomonaden spezies
6) Enterobacter agglomerans

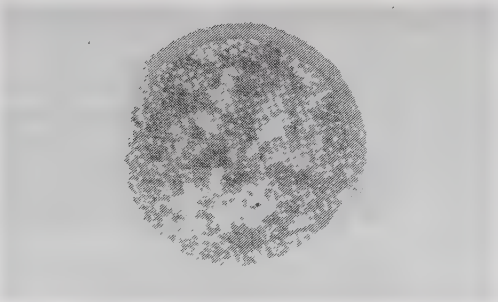


Bild 2: Stark verschmutzter Geräteeingangsfilter (Aufsicht) (1:3,3)

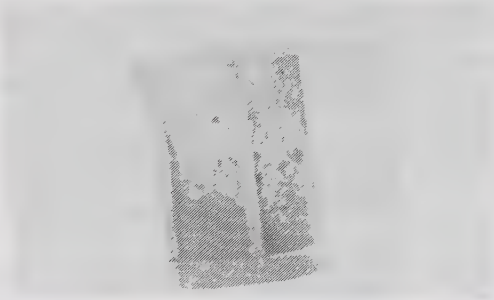


Bild 3: Verschmutzter Haupteingangsfilter (Seitenansicht) (1:1,2)

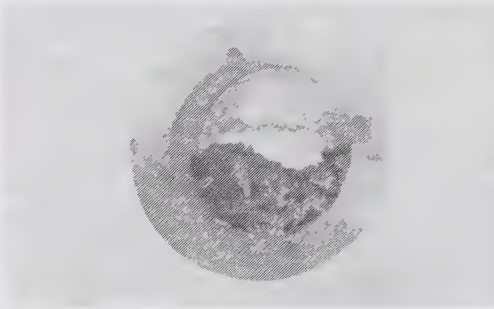


Bild 4: Wasserrohrsediment im Haupteingangsfilter (1:1,4)

Tabelle 27: Prozentuale Verteilung der fakultativ pathogenen Mikroorganismen

Tabelle 28:

Vorkommen fakultativ pathogener Mikroorganismen

Behandlungs-Platz	gram negative Stäbchen	Pseudomonaden spezies	Pseudomonas aeruginosa
Z 1	Leitungswasser Kühlspray Umspülwasser Sprayvit Haupteingangs-filter Geräteeingangs-filter	Geräteeingangs-filter	Sprayvit Kühlspray Umspülwasser Haupteingangs-filter Wasseranschluß-schlauch
Z 2	Leitungswasser Sprayvit Kühlspray Umspülwasser	Sprayvit Kühlspray Umspülwasser Hauptwasser-eingang	Sprayvit Kühlspray Geräteeingangs-filter
Z 3	Leitungswasser Sprayvit Kühlspray Umspülwasser Wasserhaupt-eingang Boilerausgangs-filter	Sprayvit	Boilerausgangs-filter Geräteeingangs-filter
P 1	Leitungswasser Sprayvit Kühlspray Umspülwasser Wasserhaupt-eingang	Sprayvit Geräteeingangs-filter	Kühlspray Wasseranschluß-schlauch
P 2	Leitungswasser Sprayvit Kühlspray Umspülwasser Wasserhaupt-eingang	Umspülwasser Geräteeingangs-filter Wasseranschluß-schlauch	Leitungswasser
P 3	Leitungswasser Sprayvit Umspülwasser Wasserhaupt-eingang	Umspülwasser Geräteeingangs-filter	Sprayvit Kühlspray Umspülwasser Wasseranschluß-schlauch

4. Diskussion

Wie die Untersuchungsergebnisse zeigen, ist die quantitative Keimbelastung durch die wasserführenden Aggregate der Behandlungseinheiten sehr unterschiedlich.
Die Hauptursache für diese Differenzen liegen vermutlich im Anwendungsbereich der untersuchten Geräte, sowie in deren Konstruktionsmerkmalen. So ist das Leitungswasser in den untersuchten Behandlungsplätzen im Vergleich zu den übrigen Wasserproben am wenigsten kontaminiert. Trotzdem liegen die ermittelten Werte überwiegend oberhalb der vom Gesetzgeber angestrebten 100 KBE/ml.

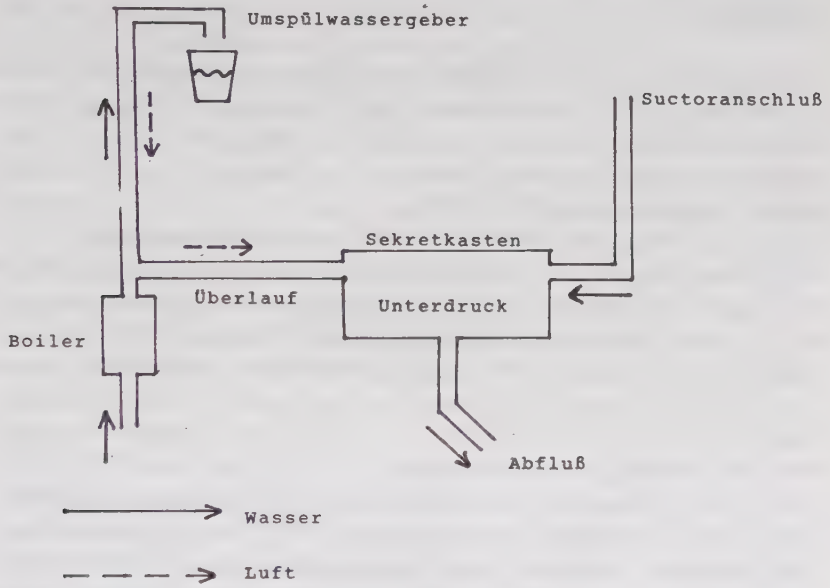
STADLER und KLOSTERKÖTTER (1976) vermuteten bei ähnlichen Ergebnissen als Grund Mineralablagerungen in den Rohrlumina des Wasserleitungssystems. Die dadurch geschaffenen Retentionsmöglichkeiten verursachen das Einnisten von Mikroorganismen, die dann durch Ausschwemmung die Abnahmestelle erreichen. Wie BRENDEL (1976) beschrieben hat, ist diese Erscheinung abhängig vom Alter des Leitungssystems, und somit vom Grad der Mineralablagerung.

Das von den Einheiten abgenomme Wasser weist erwartungsgemäß einen wesentlich höheren Kontaminationsgrad auf. Bei der Untersuchung des Umspülwassers fiel ein sprunghaftes Ansteigen der Keimzahl während der Behandlung auf. Als Ursache dafür ist eine Konstruktionsbesonderheit der getesteten Behandlungseinheiten anzusehen.

So wird bei Benutzung des großen Suctors vom Helferinnenteil Luft über den Umspülwassergeber eingesaugt. Dadurch werden die Leitungswege für das Umspülwasser mit der durch das Sprayaerosol stark verkeimten Luft (ALBRECHT u. Mitarb. 1953) kontaminiert. Der Konstruktionsfehler liegt darin, daß der Überlauf des Wasserboilers vom Spülwasser direkt in den Sekrettopf einmündet, an den auch der Suctor angeschlossen ist.

Es wird bei Inbetriebnahme des Suctors über den Sekretkasten ein Unterdruck erzeugt, der auch Luft über den Überlauf des Umspülwasserboiler saugt. Diese Konstruktion ist offensichtlich die Ursache für die Verkeimung des Umspülwassersystems; sie ist in der folgenden Abbildung schematisch dargestellt:

Abbildung 3:



Dieser Fehler kann leicht abgestellt werden, indem man den Überlauf des Wasserboilers direkt in das Abflußsystem leitet unter Umgehung des Sekrettopfes.

Bei dem untersuchten Wasser der Spraypistole konnte während des Tages ein Anstieg der Keimzahlen beobachtet werden, der nach dem Ende der Behandlung um 17.30 Uhr sein Maximum hatte. Die von KHATCHATURIAN und LEBEK (1976) beschriebene Abnahme der Keimzahl während der Behandlung kann in Bezug auf die Dauer eines Tages nicht bestätigt werden. Der beobachtete „Auswaschungseffekt" trifft offenbar bei einmal kontaminierten Einheiten nicht zu.

Allerdings sind die festgestellten Keimzahlen bei dem Sprayvit nicht so hoch,wie von BÜCHS (1979) ermittelt. Seine Werte lagen im Durchschnitt um zwei Zehnerpotenzen höher.
Für das Wasser der Spraypistole als auch für den Kühlspray ist festzustellen, daß der Kontaminationsgrad deswegen höher liegt als bei anderen Geräten, weil sie in die Mundhöhle eingebracht werden und so der Verkeimung stärker ausgesetzt sind als andere Geräte.

Die Keimzahlen beim Kühlspray waren, wie zu erwarten, am höchsten. Mit Werten in der Größenordnung von 10^4 lagen sie unter den von GRÜN (1967) festgestellten Spitzenwerten von 28×10^6.
Bestätigt werden konnte die rasche Vermehrung der Mikroorganismen während der Ruhezeit (GRÜN 1972).
Während des Betriebs fand eine kontinuierliche Steigerung der Keimzahlen statt, die nach Abschluß der Behandlung ihren höchsten Stand erreicht hatten. Dieses Ergebnis steht im Gegensatz zu der Untersuchung von KHTATCHATURIAN und Mitarb. (1976), die ein Absinken der Keimzahl während der Behandlung festgestellt hatten.

Gegen das Absinken der Keimzahlen während der Behandlung spricht auch das Ergebnis der Untersuchung von GRÄF und VOLLMUTH (1977). Sie stellten fest, daß in den meisten modernen Einheiten eine sogenannte Rücksaugmechanik eingebaut ist, die das Nachtropfen des Kühlsprays nach dem Abstellen des Mikromotors verhüten soll. Dabei wird das Spraywasser über eine hydraulische Weiche in das Schlauchsystem zurückgezogen. Bei diesem heute überwiegend verwendeten Konstruktionsprinzip gelangen somit auch Mikroorganismen der Mundhöhle ins Kühlwassersystem der Behandlungseinheit.

Dieser konstruktionsbedingte Schwachpunkt ist ein ernst zu nehmendes Problem, da die mögliche Infektion nachfolgender Patienten immer gegeben ist. GRÄF und Mitarb. (1977) vergleichen diese Phänomen mit der vor Jahrzehnten festgestellten „Spritzeninneninfektion". Die so eingedrungenen Mikroorganismen halten sich hartnäckig im Kühlwassersystem, was durch entsprechende Proben so kontaminierter Einheiten nachgewiesen wurde (GRÄF und Mitarb. 1977).

Es muß angenommen werden, daß die Rücksaugautomatik eine der Kontaminationsquellen ist, die auch für die von MCENTEGART und Mitarb. (1973) vermutete Innenverkeimung verantwortlich ist. Dies gilt besonders für die „Toträume" in der Einheit, in denen sich die Mikroorganismen einnisten können und so ein Auswaschen nicht möglich ist.

Bei der qualitativen Untersuchung ergaben sich weitere Gesichtspunkte für die Suche nach den Kontaminationsquellen.
Aus den untersuchten Wasserproben konnten isoliert werden: Achromobacter, Aerobacter, gram-positive Kokken, Sporenbildner, gram-negative Stäbchen, Pseudomonaden und vereinzelt Enterobacteriaceae. Dieses deckt sich mit den Untersuchungen, die andere Autoren gemacht haben (GRÜN 1972; KHATCHATURIAN u. Mitarb. 1977; ENGELHARDT 1976).
Von besonderem Interesse waren die fakultativ pathogenen Mikroorganismen. Gram-negative Stäbchen und Pseudomonaden wurden in großer Zahl gefunden. Dieses Ergebnis setzt sich bei der Untersuchung der Filter und Schlauchstücke fort. Alle außerhalb gefundene Mikroorganismen wurden auch innerhalb der Einheiten gefunden.

Die untersuchten Filter waren ohne Ausnahme stark verschmutzt und kontaminiert. Die Vermutungen von MCENTEGART (1973) und BÜCHS (1979) können so bestätigt werden. Der dreischichtige Aufbau dieser Filter (300 µm, 200 µm und 100 µm Maschenweite) begünstigt das „Verkleben" der Filtermaschen. Abgesprengte Bestandteile von Mineralablagerungen in den Wasserleitungen verstopfen so die Filterporen.

In zwei Fällen wurden im Wasserhaupteingang der Einheit Pseudomonaden gefunden. Das läßt den Schluß zu, daß sie aus der Hauswasserleitung herausgeschwemmt worden sind, und diese mit Pseudomonaden kontaminiert ist. In anderen Fällen konnten ebenfalls Pseudomonaden aus den Geräteeingangsfiltern isoliert werden. Dies ist ein Filter, über den das gesamte Betriebswasser der Behandlungseinheit gefiltert wird. So erreichen die Pseudomonaden

alle Behandlungsgeräte der Einheit vom Umspülwasser bis zum Kavitron. Daraus kann geschlossen werden, daß eine Kontaminierung der Behandlungseinheiten auch über die Wasserhauptversorgung stattfindet. Dieses Phänomen ist von GRÜN (1972) bei verschiedenen medizinischen Spezialgeräten,wie Haemodialyse und künstlichen Beatmungsgeräten, untersucht worden. Sie wiesen als gemeinsame Hauptkontaminationsquelle das bakteriologisch nicht einwandfreie Wasser auf. In beiden Geräten wird das Wasser angewärmt, was zu einer sehr starken Vermehrung der im Betriebswasser gefundenen Sporenbildnern, Aerobacter, Achromobacter, Enterokokken, gram-negativen Stäbchen und Pseudomonaden führt.

Diese bakterielle Initialzündung(GRÜN 1972) wirkt sich auch in der zahnärztlichen Behandlungseinheit rasch aus, kontaminiert die gesamte Einheit und führt,vom erwärmten Wasser begünstigt, zu einem massiven Keimbeschuß des Patienten.

GRÜN (1972) fordert ein Vorzugswasser für den Betrieb medizinischer Spezialgeräte, um so diesen bakteriologischen Wasserfehler auszuschalten.

In der Literatur werden aus den fakultativ pathogenen Mikroorganismen immer wieder die Bedeutung der Pseudomonaden herausgehoben. GRÜN (1974), CASELITZ (1974) und WILMS (1970) sehen in dem Pseudomonaden die Nachfolger des Staphylokokkenhospitalismus, der seit Einführung der Antibiotika die Krankenhaushygiene vor schwere Probleme gestellt hat. Die in der Untersuchung häufig gefundenen Pseudomonas aeruginosa sowie Pseudomonas fluorescens gelten in der Literatur als humanpathogen (GRÜN 1972).

Die Anspruchslosigkeit des Keimes und seine hohe Antibiotikaresistenz begünstigen seine Rolle als Hospitalkeim. Nach der ersten Kontamination erfolgt die Ausbreitung der Pseudomonaden sehr schnell. Da Pseudomonaden selbst in einfachsten Substraten wie Wasser wachsen, sind über die Wasserleitungen Ausbreitungsmöglichkeiten geschaffen. Vorliegende Untersuchung hat gezeigt, daß die Behandlungseinheiten zentral mit Pseudomonas aeruginosa

kontaminiert sind. Pseudomonaden sind nicht selten Ursache von Infektion der oberen und tieferen Luftwege (GRÜN 1972), Magen-Darmerkrankungen (RUSCHKE 1972) bis hin zur akuten Bakteriämie (SCHMIDT 1974).
Besonders Patienten mit verminderter Resistenz sind von Pseudomonaden-Infektionen bedroht. Allerdings konnte bis jetzt zwischen dem Typus des einzelnen Pseudomonaden-Stammes und der Virulenz des Stammes kein Zusammenhang gefunden werden (GRÜN 1972).
Die große Adaptionsfähigkeit der Pseudomonaden lassen sie im Krankenhausbereich zu „Problemkeimen" werden. Es wurden sogar schon Pseudomonaden in Desinfektionsmitteln gefunden (Salvan, Hibitan: RUSCHKE 1972).

Der Allgemeine Desinfektionsmittelausschuß hat eine Reihe von neuen Prüfungsmethoden für Desinfektionsmittel aufgenommen, weil er der zunehmenden epidemiologischen Bedeutung von Pseudomonas aeruginosa und anderen gram-negativen Bakterien Rechnung tragen will (SCHMIDT 1974).

Als ursprüngliches Reservoir für Pseudomonas aeruginosa wird der Darmtrakt von Warmblütern angenommen. So muß Pseudomonas aeruginosa als Fäkalindikator angesehen werden (RUSCHKE 1972). Da bei Trinkwasserüberprüfungen immer häufiger Pseudomonaden anzutreffen sind ohne den gleichzeitigen Nachweis von E.coli, wird von verschiedenen Seiten verlangt, Pseudomonaden bei der Trinkwasserqualitätskontrolle mit in die Untersuchung aufzunehmen.

Nach RUSCHKE (1972) muß die Qualifizierung von Pseudomonas aeruginosa-haltigem Wasser als „Trinkwasser" abgelehnt werden. Auch andere Autoren (BOTZENHARDT, WOLF u. THOFERN 1975) regen eine Überprüfung der gesetzlichen Kriterien bei der Trinkwasserqualitätskontrolle an. Sie weisen auf das sehr häufige Auftreten und die pathogenen Eigenschaften der Pseudomonaden hin.

5. Zusammenfassung

5.1. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde untersucht, in welchem Grad wasserführende zahnärztliche Aggregate der Zahn-, Mund- und Kieferklinik Bonn quantitativ und qualitativ kontaminiert sind.

5.2. Die quantitative Untersuchung ergab, daß die Keimzahlen während des Tages bei Sprayvit, Umspülwasser und Kühlspray ansteigen. Dies wird verursacht durch die konstruktionstechnischen Besonderheiten beim Kühlspraysystem des Mikromotors sowie des Umspülwassergebers, dessen ungünstige Konstruktion bei den untersuchten Einheiten festgestellt werden konnte.

5.3. Bei der qualitativen Untersuchung wurde festgestellt, daß die Kontamination der Einheiten von zwei Seiten aus geschieht:

5.3.1. über die Behandlungsgeräte (Spraypistole, Kühlwassersystem, Umspülwassersystem),

5.3.2. über die Hauswasserleitung.

5.4. Herausragende Retentionsstellen für Mikroorganismen sind die in den Einheiten eingebauten Wasserfilter, die fast alle kontaminiert waren.

5.5. An fakultativ pathogenen Mikroorganismen wurden unter anderem massenhaft Pseudomonas aeruginosa gefunden, auf dessen Problematik hingewiesen wurde.

5.6. Abschließend wurde festgestellt, daß die gesetzlichen Kriterien zur Qualitätskontrolle von Trinkwasser bei Pseudomonas aeruginosa kontaminierten Wasser neu überprüft werden müssen.

6. LITERATURVERZEICHNIS

(1) ALBRECHT,J., RIETHE, P., WASIELEWSKI,E.v. — Über die Infektionsmöglichkeit bei der Anwendung des Nondolor-Geräten, Luftbläsers und Wassersprays. Zahnärztl. Welt 8 (1953) 333

(2) BAUER, E., LANGER, H., PORTELE,K. — Turbine und Keimstreuung. Dtsch. zahnärztl. Z. 22 (1967) 1183

(3) BERGER, U. — Mikrobiologie der Mundhöhle. 1. Aufl. München-Berlin: Urban und Schwarzenberg 1955

(4) BOTZENHARDT, K., WOLF, R., THOFERN, E. — Das Verhalten von Pseudomonas aeruginosa in Oberflächenwasser, Kühlwasser und Abwasser. Zbl. Bakt. Hyg., I.Abt.Orig.B161, 72-83 (1975)

(5) BRANTNER,H. — Bakteriologische Untersuchungen an Ionenaustauscheranlagen. Gas- und Wasserfach. 109 (1968) 241

(6) BRENDEL, K.U. — Zur Frage der Nachverkeimung des Kühlwassers bei zahnärztl. Tubingeräten. Diss. 1976 Frankfurt

(7) BÜCHS, H. — Untersuchungen zur Wasserhygiene am zahnärztl. Behandlungsplatz. Berichte aus der Bonner Universitätsklinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten. 2 (1979) 4-10

(8) CASELITZ, F.-H., MERCIER, M., PETERS, M., SPECHT, H.
Die epidemiologische Bedeutung der Pseudomonas aeruginosa im Rahmen des modernen Hospitalismus.
Zbl. Bakt. Hyg., I.Abt. Orig. A 228 (1974) 16-21

(9) ENGELHARDT, J.P.
Untersuchungen zur Frage hygienischer Maßnahmen im Rahmen der zahnärztlichen Tätigkeit.
Dtsch.zahnärtzl.Z. 22 (1967) 1497-1504

(10) EXNER, M.
Zur kulturellen Differenzierung von Abklatschkolonien mit einer Stempelmethode.
Zbl.Bakt.Hyg., I.Abt. Orig. B 170 (1980) 88-92

(11) GALSTER, D., RIETHE, P.
Über die Infektionsmöglichkeit bei der Anwendung von luftgetriebenen Schnellstlaufgeräten.
Dtsch. zahnärztl. Z. 18 (1963) 1102

(12) GRÄF, W., Müller, W.
Zur Hospitalismusproblematik im zahnärztlichen Praxisbereich .
Zbl.Bakt.Hyg., I.Abt.Orig. B 161 (1976) 427-443

(13) GRÄF, W., VOLLMUTH, G.
Die konstruktionsbedingte Keimübertragung durch Inneninfektion von Dentalturbinen.
Zbl.Bakt.Hyg., I.Abt. Orig. B 165 (1977) 444-457

(14) GRÜN, L.
Probleme der Desinfektion im zahnärztlichen Bereich.
Dtsch. zahnärztl. Z. 22 (1967) 1169

(15) GRÜN, L. — Desinfektion medizinischer Spezialgeräte. Zbl.Bakt.Hyg., I.Abt.Orig. B 159 (1972) 129

(16) GRÜN, L., CROTT, K. — Über den Keimgehalt des Turbinensprays (I. Fahrbare Turbinen). Dtsch. zahnärztl. Z. 24 (1969) 189

(17) GRÜN, L., CROTT, K., — Über den Keimgehalt des Turbinensprays (II. Eingebaute Turbinen). Dtsch. zahnärztl. Z. 24 (1969) 870

(18) GRÜN, L. — Pseudomonaden - Hospitalismus. Zbl.Bakt.Hyg., I.Abt. Orig. B 159 (1974) 277-287

(19) HOLTHÖFER-JUCKENACK-NÜSE — Deutsches Lebensmittelrecht. Bd. IV 4. Auflage 620-625 (1966)

(20) KHATSCHATURIAN,Z. LEBEK, G. — Untersuchungen zur Hygiene am Patientenstuhl in der zahnärztlichen Praxis. SSO 86 Bd. 12 (1976) 1266-79

(21) LENK, V., EICHNER, K. — Experimentelle Untersuchung zur Hygiene bei hoch- und höchsttourigem Bohren und Schleifen. Dtsch. zahnärztl. Z. 18 (1963) 118

(22) MCENTEGART,MG., CLARK, A. — Colonisation of Dental Units by Water Bacteria. Britsch Dent. Journal 134 (4) (1973) 140

(23) RIETHE, P. — Über die Infektionsmöglichkeit von luftgetriebenen Schnellstlaufgeräten. Dtsch.zahnärztl. Z. 15 (1960) 353-357

(24) RUSCHKE, R. Pseudomonas aeruginosa - ein "Zivilisationskeim".
Zbl.Bakt.Hyg., I.Abt. Orig. B 156 (1972) 391-398

(25) SCHMIDT, B. Stand der Desinfektionsmittelprüfung, zugleich ein Bericht über die Tätigkeit des allgemeinen Desinfektionsmittelausschusses der Deutschen Gesellschaft für Hygiene und Mikrobiologie.
Zbl.Bakt.Hyg., I.Abt. Orig. B 158 (1974) 456-464

(26) SCHWEISFURTH, R. Untersuchungen über die Keimgehalte von Ionenaustauscherwasser.
Klin. Wschr. 39 (1961) 1290

(27) STADELER, K.
KLOSTERKÖTTER, W. Untersuchung zur Wiederverkeimung von Trinkwasser nach Ozonbehandlung.
Zbl.Bakt.Hyg., I.Abt. Orig. B 161 (1976) 474-481

(28) THOFERN, E.,
BOTZENHART, K. Über die Desinfektion von Hämodialyseanlagen.
Gesundhts. W. Desinfekt. 62 (1970) 145

(29) WILMS, K. Untersuchungen zur Resistenz von Pseudomonas Pyocyanea gegen chemische und physikalische Desinfektionsmittel im Hinblick auf die Dekontaminierung der zahnärztlichen Turbine.
Diss. 1970 Düsseldorf

LEBENSLAUF

Am 3. November 1953 wurde ich, Stefan Birke, in Stuttgart geboren. Ich war das zweite von drei Kindern des Hals-Nasen-Ohrenarztes Dr. Heinrich Birke und seiner Ehefrau Elisabeth, geborenen Klosak.

Im Frühjahr 1960 wurde ich in die katholische Volksschule der Stadt Bocholt in Westfalen eingeschult. Von 1965 bis 1973 besuchte ich den mathematisch-naturwissenschaftlichen Zweig des Städtischen St.-Georg-Gymnasiums in Bocholt.

Nach dem Abitur am 14. Mai 1973 leistete ich meine Wehrpflicht ab.

Im Sommersemester 1975 schrieb ich mich an der Rheinischen Friedrich-Wilhelm-Universität zu Bonn für das Studium der Zahnmedizin ein.

Die naturwissenschaftliche Vorprüfung absolvierte ich am 26. Februar 1976, und die zahnärztliche Vorprüfung legte ich am 27. September 1977 ab.

FOTODRUCK J. MAINZ — Telefon: (02 41) 2 73 05
Neupforte 13, Nähe Markt, 5100 Aachen